

BACKGROUND ART INFORMATION

TOSHIBA

The following information has been determined, to the best of TOSHIBA's ability, as possibly relevant to the describing and claiming of the invention of the subject case in a U.S. patent application. Based on this information and pursuant to 37 CFR 1.56(b), please prepare and file the proper Information Disclosure Statement or equivalent document.

INVENTOR'S INFORMATION

★	PATENT NUMBER, PUBLICATION	INVENTOR(S), AUTHOR(S)	DATE	etc.															
	Japanese patent disclosure P2002-15439																		
★	CONCISE EXPLANATION																		
	<p>This patent describes the method to control servo parameters using the results of bit error rate with varying the servo parameters.</p> <p>This patent is referred in background art to describe the current method to control servo parameters.</p>																		
★	Japanese patent disclosure P2002-64354																		
	This prior application describes the method of adaptively controlling the parameters for PRML signal processor.																		
	This proposal describes the method of controlling the parameters for servo controlling using the results of adaptively controlled parameters for PRML signal processor.																		
★																			
★																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 40%;">PRIOR APPLICATION(S) OF INVENTOR(S) OR OF KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA (ASSIGNEE)</th> <th style="width: 20%;">TOSHIBA REFERENCE</th> <th style="width: 20%;">COUNTRY</th> <th style="width: 20%;">AGENT</th> <th style="width: 20%;">MEMO</th> </tr> <tr> <td>P2002-64354</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3RG 034080 (出願番号 10/382,985)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>					PRIOR APPLICATION(S) OF INVENTOR(S) OR OF KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA (ASSIGNEE)	TOSHIBA REFERENCE	COUNTRY	AGENT	MEMO	P2002-64354					3RG 034080 (出願番号 10/382,985)				
PRIOR APPLICATION(S) OF INVENTOR(S) OR OF KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA (ASSIGNEE)	TOSHIBA REFERENCE	COUNTRY	AGENT	MEMO															
P2002-64354																			
3RG 034080 (出願番号 10/382,985)																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 40%;">INVENTOR(S)</th> <th style="width: 60%;">SIGNATURE & DATE</th> </tr> <tr> <td rowspan="3" style="text-align: center; vertical-align: middle;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> </div> </td> <td>Shuntaro Takehara Feb., 14, 2003</td> </tr> <tr> <td>Wataru Tanaka Feb. 17, 2003</td> </tr> <tr> <td>Yuu Yoshida Feb. 18, 2003</td> </tr> </table>					INVENTOR(S)	SIGNATURE & DATE	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> </div>	Shuntaro Takehara Feb., 14, 2003	Wataru Tanaka Feb. 17, 2003	Yuu Yoshida Feb. 18, 2003									
INVENTOR(S)	SIGNATURE & DATE																		
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> </div>	Shuntaro Takehara Feb., 14, 2003																		
	Wataru Tanaka Feb. 17, 2003																		
	Yuu Yoshida Feb. 18, 2003																		

PATENT ENGINEER'S INFORMATION

PATENT ENGINEER'S COMMENT ON INVENTOR(S) INFORMATION OR PATENT ENGINEER'S INFORMATION			
<p>★</p> <p>明細書に記載</p>			
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> </div>	CHECKED BY March 1, 2003	PATENT ENGINEER(S) SIGNATURE & DATE Hiroshi Tanimoto Mar 10, 2003	
(to U.S. Attorney) P2002-318862		TOSHIBA REFERENCE	JAPANESE AGENT REFERENCE
		3R G 35232	Sheet of

OPTICAL DISK DRIVE AND FOCUS OFFSET CALIBRATION METHOD THEREIN

Patent Number: JP2002015439
Publication date: 2002-01-18
Inventor(s): YUMITA MOTOYASU; YUNOKI SHINICHI
Applicant(s): SONY CORP
Requested Patent: ☐ JP2002015439
Application Number: JP20000197001 20000629
Priority Number(s):
IPC Classification: G11B7/09
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To decrease the variations in the focus offset set by calibration.

SOLUTION: A first mode using an outer periphery test region is set (St1). The averages of the error rates of reproduction data of three sectors and four sectors within one round are respectively determined at the respective change values of the focus offset (S2 to ST5). The optimum focus offset is determined from the quadratic approximation curve of the focus offset and the error rates relating to the three sectors of one round and the optimum focus offset is determined from the quadratic approximation curve of the focus offset and the error rates relating to the four sectors of one round. These focus offsets are averaged by addition to determine the final focus offset (ST6 to ST8). A second mode to use the inner peripheral test region is thereafter set (ST9, ST10) and similarly the final focus offset is determined. The final focus offsets determined in the first and second modes are used to determine the focus offsets in the respective zones of the disk by linear interpolation, etc. These focus offsets are stored as set values into a memory (ST11, ST12).

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-15439
(P2002-15439A)

(43) 公開日 平成14年1月18日 (2002.1.18)

(51) Int.Cl.⁷

G 1 1 B 7/09

識別記号

F I

G 1 1 B 7/09

テームト* (参考)

B 5 D 1 1 8

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2000-197001 (P2000-197001)

(22) 出願日 平成12年6月29日 (2000.6.29)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 弓田 元康

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72) 発明者 柚木 進一

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(74) 代理人 100090376

弁理士 山口 邦夫 (外1名)

Fターム (参考) 5D118 AA18 BA01 BB06 BD03 CA11

CB01 CD02 CD07 CD11 CF04

CG02 DC03

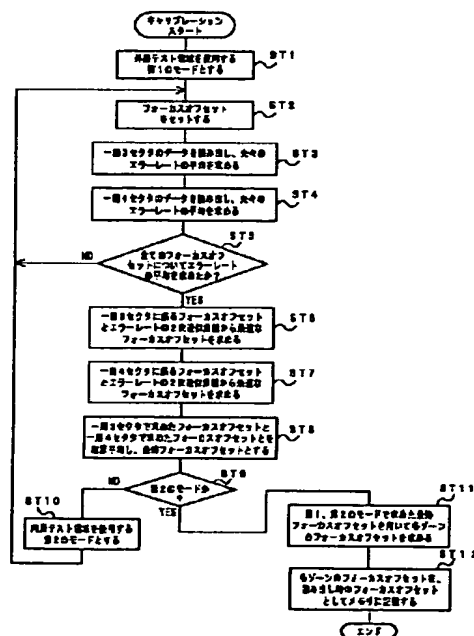
(54) 【発明の名称】 光ディスクドライブおよびそれにおけるフォーカスオフセットキャリブレーション方法

(57) 【要約】

【課題】 キャリブレーションによって設定されるフォーカスオフセットのばらつきを軽減する。

【解決手段】 外周テスト領域を使用する第1のモードとする (ST1)。フォーカスオフセットの各変更値で、1周内の3セクタ及び4セクタの再生データのエラーレートの平均を夫々求める (ST2~ST5)。1周3セクタに係るフォーカスオフセットとエラーレートの2次近似曲線から最適なフォーカスオフセットを求め、また1周4セクタに係るフォーカスオフセットとエラーレートの2次近似曲線から最適なフォーカスオフセットを求め、それらを加算平均して最終フォーカスオフセットを求める (ST6~ST8)。その後、内周テスト領域を使用する第2のモードとし (ST9, ST10)、同様に最終フォーカスオフセットを求める。第1、第2のモードで求めた最終フォーカスオフセットを用いてディスクの各ゾーンのフォーカスオフセットを直線補間等で求め、メモリに設定値として記憶する (ST11, ST12)。

フォーカスオフセットキャリブレーションの動作



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 光ディスクに対する光ピックアップのフォーカスのエラー信号に、フォーカスオフセットに対応した信号を加算し、その加算信号に基づいてフォーカスサーボを行うようにした光ディスクドライブにおいて、上記フォーカスオフセットを複数の値に順次変更するフォーカスオフセット変更手段と、
上記フォーカスオフセットの上記各変更値のうち、上記光ディスクより上記光ピックアップで再生された上記光ディスクの1周内の奇数セクタで得られた再生信号の品質が最良となる第1の変更値を求める第1の変更値取得手段と、

上記フォーカスオフセットの上記各変更値のうち、上記光ディスクより上記光ピックアップで再生された上記光ディスクの1周内の偶数セクタで得られた再生信号の品質が最良となる第2の変更値を求める第2の変更値取得手段と、

上記求められた第1および第2の変更値に基づいて、記録時または再生時に使用されるフォーカスオフセットの設定値を得るフォーカスオフセット取得手段と、

上記得られたフォーカスオフセットの設定値をメモリに記憶する記憶手段とを備えることを特徴とする光ディスクドライブ。

【請求項2】 上記フォーカスオフセット変更手段は、予め与えられた基準値を中心に上記フォーカスオフセットを変更することを特徴とする請求項1に記載の光ディスクドライブ。

【請求項3】 上記第1の変更値取得手段および上記第2の変更値取得手段は、それぞれ上記光ディスクのテスト領域より上記光ピックアップで再生された再生信号より上記第1の変更値および上記第2の変更値を求めることを特徴とする請求項1に記載の光ディスクドライブ。

【請求項4】 上記第1の変更手段および上記第2の変更手段は、それぞれ上記再生信号より得られるデータのエラーレートより上記再生信号の品質を判断することを特徴とする請求項1に記載の光ディスクドライブ。

【請求項5】 上記光ディスクは、半径方向に分割された複数ゾーンの記録領域を有すると共に、上記テスト領域として、最外周側のゾーンの記録領域より外周側に設けられた第1のテスト領域と、最内周側のゾーンの記録領域より内周側に設けられた第2のテスト領域とを有し、

上記第1の変更値取得手段および上記第2の変更値取得手段は、それぞれ上記第1のテスト領域より上記光ピックアップで再生された再生信号より上記第1の変更値および上記第2の変更値を求めると共に、上記第2のテスト領域より上記光ピックアップで再生された再生信号より上記第1の変更値および上記第2の変更値を求め、上記フォーカスオフセット取得手段は、上記第1のテスト領域より再生された再生信号より求められた上記第1

2

の変更値および上記第2の変更値と、上記第2のテスト領域より再生された再生信号より求められた上記第1の変更値および上記第2の変更値とに基づいて、上記複数ゾーンの記録領域のそれぞれに対応したフォーカスオフセットの設定値を得ることを特徴とする請求項3に記載の光ディスクドライブ。

【請求項6】 上記奇数セクタは3セクタであり、上記偶数セクタは4セクタであることを特徴とする請求項1に記載の光ディスクドライブ。

【請求項7】 上記フォーカスオフセット取得手段は、上記第1の変更値および上記第2の変更値を加算平均して上記フォーカスオフセットの設定値を得ることを特徴とする請求項1に記載の光ディスクドライブ。

【請求項8】 上記フォーカスオフセット変更手段、上記第1の変更値取得手段、上記第2の変更値取得手段および上記フォーカスオフセット取得手段を動作させて上記フォーカスオフセットの設定値を一定時間毎に得るように制御する制御手段をさらに備えることを特徴とする請求項1に記載の光ディスクドライブ。

【請求項9】 上記フォーカスオフセット変更手段、上記第1の変更値取得手段、上記第2の変更値取得手段および上記フォーカスオフセット取得手段を動作させて上記フォーカスオフセットの設定値を所定の温度変化がある毎に得るように制御する制御手段をさらに備えることを特徴とする請求項1に記載の光ディスクドライブ。

【請求項10】 光ディスクに対する光ピックアップのフォーカスのエラー信号に、フォーカスオフセットに対応した信号を加算し、その加算信号に基づいてフォーカスサーボを行うようにした光ディスクドライブにおけるフォーカスオフセットキャリブレーション方法において、

上記フォーカスオフセットを複数の値に順次変更するステップと、

上記フォーカスオフセットの上記各変更値のうち、上記光ディスクより上記光ピックアップで再生された上記光ディスクの1周内の奇数セクタで得られた再生信号の品質が最良となる第1の変更値を求めるステップと、

上記フォーカスオフセットの上記各変更値のうち、上記光ディスクより上記光ピックアップで再生された上記光ディスクの1周内の偶数セクタで得られた再生信号の品質が最良となる第2の変更値を求めるステップと、

上記求められた第1および第2の変更値に基づいて、記録時または再生時に使用されるフォーカスオフセットの設定値を得るステップと、

上記得られたフォーカスオフセットの設定値をメモリに記憶するステップとを備えることを特徴とする光ディスクドライブのフォーカスオフセットキャリブレーション方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、光ディスクに対する光ピックアップのフォーカスのエラー信号に、フォーカスオフセットに対応した信号を加算し、その加算信号に基づいてフォーカスサーボを行うようにした光ディスクドライブおよびそれにおけるフォーカスオフセットキャリブレーション方法に関する。詳しくは、光ディスクの1周内の奇数セクタで実行されたキャリブレーション結果と、光ディスクの1周内の偶数セクタで実行されたキャリブレーション結果とに基づいてフォーカスオフセットの設定値を得ることによって、フォーカスオフセットの設定値のばらつきを軽減するようにした光ディスクドライブ等に係るものである。

【0002】

【従来の技術】従来、光ディスクに対する光ピックアップのフォーカスのエラー信号に、フォーカスオフセットに対応した信号を加算し、その加算信号に基づいてフォーカスサーボを行うようにした光ディスクドライブが提案されている。このようにフォーカスエラー信号にフォーカスオフセットに対応した信号を加算することで、フォーカスサーボの最適化を図ることができる。

【0003】このフォーカスオフセットを設定するために、フォーカスオフセットキャリブレーションが行われる。従来、このキャリブレーションは、フォーカスオフセットの設定値のばらつきを抑えるために、図12に示すように、光ディスク200のテスト領域TARの1周内に存在する3セクタSE1～SE3を使用して行われている。

【0004】すなわち、フォーカスオフセットを基準値FR（工場出荷時に不揮発性メモリに記憶される）を中心に例えば $-1\mu\text{m}$ ～ $1\mu\text{m}$ の間で順次変更し、各変更値にフォーカスオフセットがセットされた状態で、上述の3セクタSE1～SE3で再生された再生信号より得られるデータのエラーレートの平均を求める。そして、図13に示すエラーレートとフォーカスオフセットとの関係を示す二次近似曲線を求め、エラーレートが最小となるようなフォーカスオフセットを算出し、これを設定値とする。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、従来のフォーカスオフセットキャリブレーションは、フォーカスオフセットの設定値のばらつきを抑えるために、光ディスク200のテスト領域TARの1周内に存在する3セクタSE1～SE3を使用して行われている。しかし、例えば3000rpmの回転数で光ディスクが回転していた場合、150Hzの外乱に対しては、キャリブレーションを実行するタイミングによって、フォーカス追従誤差が最大のところでキャリブレーションを実行することもあり、フォーカスオフセットの設定値に大きなばらつきを生じる。フォーカスの追従誤差とは、フォーカスサーボをかけていても取りきれないフォーカスエラ

一量を意味している。

【0006】フォーカス追従誤差によってキャリブレーション結果（フォーカスオフセットの設定値）にばらつきが生じる理由について説明する。図14は、150Hz（光ディスクの回転数を3000rpm=50Hzとしたとき、その周波数の3倍）の外乱が入ってきた場合のフォーカス追従誤差を示している。また、図15は、200Hz（光ディスクの回転数を3000rpm=50Hzとしたとき、その周波数の4倍）の外乱が入ってきた場合のフォーカス追従誤差を示している。

【0007】図14に示すように150Hzの外乱によるフォーカス追従誤差があるとき、キャリブレーションの実行タイミングによっては、①「+」方向にフォーカス追従誤差が最大の状態（○で図示）、②フォーカス追従誤差が0の状態（△で図示）、③「-」方向にフォーカス追従誤差が最大の状態（●で図示）でキャリブレーションが行われる。①と③の状態では、フォーカス追従誤差に2Aの開きがある。これに対して、図15に示すように200Hzの外乱によるフォーカス追従誤差があるとき、上述の①②③と同じタイミングでキャリブレーションが実行される場合、いずれのタイミングであっても、3セクタにおけるフォーカス追従誤差の総和は0となる。以上から、奇数セクタでキャリブレーションを実行すると、 $(50 \times \text{奇数})\text{Hz}$ の外乱によるフォーカス追従誤差によってキャリブレーション結果（フォーカスオフセットの設定値）に大きなばらつきが生じることがわかる。

【0008】なお、図16に示すように、200Hzの外乱によるフォーカス追従誤差があり、1周4セクタでキャリブレーションを実行するときは、キャリブレーションの実行タイミングによっては、①「+」方向にフォーカス追従誤差が最大の状態（○で図示）、②フォーカス追従誤差が0の状態（△で図示）、③「-」方向にフォーカス追従誤差が最大の状態（●で図示）でキャリブレーションが行われる。①と③の状態では、フォーカス追従誤差に2Bの開きがある。これに対して、図17に示すように150Hzの外乱によるフォーカス追従誤差があり、1周4セクタでキャリブレーションを実行するときは、上述の①②③と同じタイミングでキャリブレーションが実行される場合、いずれのタイミングであっても、4セクタにおけるフォーカス追従誤差の総和は0となる。以上から、偶数セクタでキャリブレーションを実行すると、 $(50 \times \text{偶数})\text{Hz}$ の外乱によるフォーカス追従誤差によってキャリブレーション結果（フォーカスオフセットの設定値）に大きなばらつきが生じることがわかる。

【0009】そこで、この発明では、キャリブレーションによって設定されるフォーカスオフセットのばらつきを軽減し得る光ディスクドライブ等を提供することを目的とする。

5

【0010】

【課題を解決するための手段】この発明は、光ディスクに対する光ピックアップのフォーカスのエラー信号に、フォーカスオフセットに対応した信号を加算し、その加算信号に基づいてフォーカスサーボを行うようにした光ディスクドライブにおいて、フォーカスオフセットを複数の値に順次変更するフォーカスオフセット変更手段と、フォーカスオフセットの各変更値のうち、光ディスクより光ピックアップで再生された光ディスクの1周内の奇数セクタで得られた再生信号の品質が最良となる第1の変更値を求める第1の変更値取得手段と、フォーカスオフセットの各変更値のうち、光ディスクより光ピックアップで再生された光ディスクの1周内の偶数セクタで得られた再生信号の品質が最良となる第2の変更値を求める第2の変更値取得手段と、これら求められた第1および第2の変更値に基づいて、記録時または再生時に使用されるフォーカスオフセットの設定値を得るフォーカスオフセット取得手段と、この得られたフォーカスオフセットの設定値をメモリに記憶する記憶手段とを備えるものである。

【0011】また、この発明は、光ディスクに対する光ピックアップのフォーカスのエラー信号に、フォーカスオフセットに対応した信号を加算し、その加算信号に基づいてフォーカスサーボを行うようにした光ディスクドライブにおけるフォーカスオフセットキャリブレーション方法において、フォーカスオフセットを複数の値に順次変更するステップと、フォーカスオフセットの各変更値のうち、光ディスクより光ピックアップで再生された光ディスクの1周内の奇数セクタで得られた再生信号の品質が最良となる第1の変更値を求めるステップと、フォーカスオフセットの各変更値のうち、光ディスクより光ピックアップで再生された光ディスクの1周内の偶数セクタで得られた再生信号の品質が最良となる第2の変更値を求めるステップと、これら求められた第1および第2の変更値に基づいて、記録時または再生時に使用されるフォーカスオフセットの設定値を得るステップと、この得られたフォーカスオフセットの設定値をメモリに記憶するステップとを備えるものである。

【0012】この発明において、フォーカスオフセットキャリブレーション時には、フォーカスオフセットを複数の値に順次変更していく。フォーカスオフセットを変更した場合、そのフォーカスオフセットに対応した信号がフォーカスエラー信号に加算され、その加算信号によってフォーカスサーボが行われる。フォーカスオフセットの変更は、例えば予め与えられた基準値を中心に変更される。

【0013】そして、フォーカスオフセットの各変更値のうち、光ディスクより光ピックアップで再生された光ディスクの1周内の奇数セクタ、例えば3セクタで得られた再生信号の品質が最良となる第1の変更値が求めら

6

れる。また、フォーカスオフセットの各変更値のうち、光ディスクより光ピックアップで再生された光ディスクの1周内の奇数セクタ、例えば4セクタで得られた再生信号の品質が最良となる第2の変更値が求められる。再生信号の品質は、例えば再生信号より得られるデータのエラーレートに基づいて判断される。

【0014】そして、第1および第2の変更値に基づいて、例えば第1および第2の変更値が加算平均されてフォーカスオフセットの設定値が得られ、メモリに記憶される。このように、光ディスクの1周内の奇数セクタで実行されたキャリブレーション結果と、光ディスクの1周内の偶数セクタで実行されたキャリブレーション結果とに基づいてフォーカスオフセットの設定値を得るものであり、双方のキャリブレーション結果が互いに補完し合う関係となり、フォーカスオフセットのばらつきが軽減される。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しながら、この発明の実施の形態について説明する。図1は、光磁気ディスクドライブ100の構成を示している。このドライブ100で取り扱う光磁気ディスク111は、図示せずとも、データ記録面上にスパイラル状に形成されたグループを有し、このグループと、グループ間のランドの双方をトラックとして情報の記録再生が行われる。

【0016】図2は、光磁気ディスク111のレイアウトを示している。この光磁気ディスク111は、ゾーニングされており、外周側から内周側にかけてゾーン0～ゾーン15までの16ゾーンの記録領域を備えている。そして、各ゾーンには、円周方向に複数のセクタが含まれている。例えば、ゾーン0には30セクタが含まれ、ゾーン15には15セクタが含まれている。

【0017】図3は、各ゾーンの詳細情報を示している。ここで、光磁気ディスク111は3000rpmで回転され、20msで1回転する。また、各セクタはID等が含まれ、ビットによってプリフォーマットされたヘッダ部分と、データフィールドやパッファ等が含まれるその他の部分とからなっている。図3におけるID長は、各セクタのヘッダ部分の時間長を示し、図3におけるID間隔は、あるセクタのヘッダ部分と次のセクタのヘッダ部分との時間間隔を示している。図4は、ゾーン0およびゾーン15におけるID長、ID間隔を比較して示している。

【0018】また、図2に戻って、光磁気ディスク111は、ゾーン0のさらに外周側に第1のテスト領域TAR1が設けられていると共に、ゾーン1のさらに内周側に第2のテスト領域TAR2が設けられている。これらテスト領域TAR1、TAR2は、後述するフォーカスオフセットキャリブレーション等を実行する際に使用される。

【0019】また、図1に戻って、ドライブ100は、

7

上述した光磁気ディスク111を回転駆動するためのスピンドルモータ113を有している。光磁気ディスク111は、記録時および再生時には3000rpmで回転駆動される。スピンドルモータ113の回転軸には、その回転速度を検出するための周波数発電機114が取り付けられている。

【0020】また、ドライブ100は、バイアスマグネット(BM)115と、半導体レーザ、対物レンズ、光検出器等から構成される光ピックアップ117と、この光ピックアップ117の半導体レーザの発光を制御するレーザドライバ118とを有している。バイアスマグネット115と光ピックアップ117は光磁気ディスク111を挟むように対向して配設されている。

【0021】レーザドライバ118には、後述するサーボコントローラ141よりレーザパワー制御信号SPCが供給され、光ピックアップ117の半導体レーザより出力されるレーザ光のパワーが、記録時には記録パワーP_Wとなり、再生時には記録パワーP_Wより低い再生パワーP_Rとなるように制御される。また、バイアスマグネット115からの外部磁界の発生動作もサーボコントローラ141によって制御される。

【0022】データ書き込み時(記録時)には、後述するようにレーザドライバ118に、NRZI(Non Return to Zero Inverted)データとしての記録データD_rが供給され、半導体レーザより出力されるレーザビームがその記録データD_rによって変調され、バイアスマグネット115からの外部磁界との共働により光磁気ディスク111に記録データD_rが記録される。

【0023】図5は、光ピックアップ117の光学系の構成を示している。光ピックアップ117は、レーザビームLBを得るための半導体レーザ200と、この半導体レーザ200より出力されるレーザビームLBを発散光より平行光に整形するためのカップリングレンズ201と、レーザビームを透過光と反射光の2つに分離するためのビームスプリッタ202と、レーザビームの光路を変更するためのミラー203と、ビームスプリッタ202を透過してくるレーザビームを光磁気ディスク111の記録面に照射するための対物レンズ204とを有している。

【0024】また、光ピックアップ117は、光磁気ディスク111の記録面で反射され、ビームスプリッタの202の反射面で反射されて外部に出てくるレーザビームを透過光と反射光の2つに分離するためのビームスプリッタ205と、このビームスプリッタの205の反射面で反射されて外部に出てくるレーザビームを集光するための集光レンズ(凸レンズ)206と、この集光レンズ206より出射されるレーザビームを、互いに偏光面が直交した2つの偏光成分、つまりs偏光成分およびp偏光成分に分離する偏光ビームスプリッタ207と、この偏光ビームスプリッタ207を透過してくるp偏光成分

8

分が照射されるフォトディテクタ208と、偏光ビームスプリッタ207の反射面で反射されて外部に出てくるs偏光成分が照射されるフォトディテクタ209とを有している。

【0025】また、光ピックアップ117は、ビームスプリッタ205を透過してくるレーザビームを集光するための集光レンズ(凸レンズ)210と、この集光レンズ210より出射されるレーザビームの光路を変更するミラー211と、このミラー211で光路が変更されたレーザビームを透過光と反射光の2つに分離するためのハーフプリズム212と、このハーフプリズム212の反射面で反射されて外部に出てくるレーザビームが照射されるフォトディテクタ213と、ハーフプリズム212を透過してくるレーザビームが照射されるフォトディテクタ214とを有している。

【0026】ここで、フォトディテクタ213はジャストフォーカス時におけるレーザビームの焦点より近くに配置され、逆にフォトディテクタ214はその焦点より遠くに配置されている。また、これらフォトディテクタ213、214は、ジャストフォーカス時には、照射されるレーザビームのスポット径が等しくなるように、上述のジャストフォーカス時の焦点に対して対称な位置に配置されている。フォトディテクタ213、214は、図6Aに示すように、それぞれ3分割フォトダイオードで構成されている。

【0027】図5に示す光ピックアップ117の光学系の動作を説明する。半導体レーザ200から放射される発散光としてのレーザビームLBは、カップリングレンズ201によって平行光に整形されてビームスプリッタ202に入射される。ビームスプリッタ202を透過したレーザビームはミラー203で光路が変更され、対物レンズ204を介して光磁気ディスク111の記録面に照射される。

【0028】また、光磁気ディスク111の記録面で反射されるレーザビームは対物レンズ204およびミラー203を介してビームスプリッタ202に入射される。そして、ビームスプリッタ205を透過して出てくるレーザビームは集光レンズ(凸レンズ)206を介して偏光ビームスプリッタ207に入射される。そして、この偏光ビームスプリッタ207を透過して出てくるp偏光成分はフォトディテクタ208に入射され、一方偏光ビームスプリッタ207の反射面で反射されて外部に出てくるs偏光成分はフォトディテクタ209に入射される。

【0029】ここで、光磁気ディスク111の記録面で反射されるレーザビームの偏光面は、記録膜の磁化の向きに従って時計方向または反時計方向にわずかに回転し、偏光ビームスプリッタ207より出射されるp偏光成分とs偏光成分の光量に、その向きに従った大小関係が生じる。そのため、これらp偏光成分とs偏光成分の

9

光量を検出し、その差をとることで光磁気記録部分の再生信号を得ることができる。また、これらp偏光成分とs偏光成分の光量の和は光磁気ディスク111の記録面で反射されるレーザビームの光量に対応するため、これらp偏光成分とs偏光成分の光量を検出し、その和をとることでピットが形成されたプリフォーマット部分の再生信号を得ることができる。

【0030】フォトディテクタ208、209の検出信号をそれぞれ S_p 、 S_s とすると、光ピックアップ117の増幅回路部（図示せず）で以下の演算が行われ、¹⁰ 光磁気記録部分の再生信号（差信号）SM0および和信号SRFが生成される。

$$SM0 = S_p - S_s$$

$$SRF = S_p + S_s$$

【0031】また、ビームスプリッタ205の反射面で反射されて出てくるレーザビームは集光レンズ（凸レンズ）210、ミラー211を介してハーフプリズム212に入射される。そして、ハーフプリズム212の反射面で反射されて外部に出てくるレーザビームはフォトディテクタ213に入射され、一方ハーフプリズム212²⁰を透過して出てくるレーザビームはフォトディテクタ214に入射される。

【0032】ここで、対物レンズ204が光磁気ディスク111に対してジャストフォーカス位置にあるときは、図6Aに示すように、フォトディテクタ213、214に照射されるレーザビームのスポット径は等しくなる。また、対物レンズ204が光磁気ディスク111に対してジャストフォーカス位置より近づいた位置にあるときは、図6Bに示すように、フォトディテクタ213に照射されるレーザビームのスポット径はフォトディテ³⁰クタ214におけるそれより大きくなる。逆に、対物レンズ204が光磁気ディスク111に対してジャストフォーカス位置より離れた位置にあるときは、図6Cに示すように、フォトディテクタ213に照射されるレーザビームのスポット径はフォトディテクタ214におけるそれより小さくなる。

【0033】そのため、図6Aに示すように、フォトディテクタ213のフォトダイオードA、Cの検出信号の合成値からフォトディテクタ214のフォトダイオードA'、C'の検出信号を減算することでフォーカスエラ⁴⁰ー信号SFEを得ることが可能となる。このフォーカスエラー信号SFEは、ジャストフォーカス時（図6Aの状態）には0となり、近づき過ぎのデフォーカス時（図6Bの状態）には負となり、さらに離れすぎのデフォーカス時（図6Cの状態）には正となる。

【0034】また、対物レンズ204より光磁気ディスク111に照射されるレーザビームのスポットがオントラックとなるときは、フォトディテクタ213、214にそれぞれ照射されるレーザビームのスポットの左右の光強度分布は対称となり、一方対物レンズ204より光⁵⁰

10

磁気ディスク111に照射されるレーザビームのスポットがデトラックとなるときは、フォトディテクタ213、214にそれぞれ照射されるレーザビームのスポットの左右の光強度分布は非対称となる。

【0035】そのため、図7に示すように、フォトディテクタ213のフォトダイオードAの検出信号およびフォトディテクタ214のフォトダイオードC'の検出信号の合成値から、フォトディテクタ213のフォトダイオードCの検出信号およびフォトディテクタ214のフォトダイオードA'の検出信号の合成値を減算することでトラッキングエラー信号STEを得ることが可能となる。このトラッキングエラー信号STEは、オントラック時には0となり、デトラック時にはずれの方向に応じて正または負となる。

【0036】フォトディテクタ213のフォトダイオードA、Cの検出信号を S_a 、 S_c とし、フォトディテクタ214のフォトダイオードA'、C'の検出信号を $S_{a'}$ 、 $S_{c'}$ とすると、光ピックアップ117の増幅回路部（図示せず）で以下の演算が行われ、フォーカスエラー信号STEおよびトラッキングエラー信号STEが生成される。

$$SFE = (S_a + S_c) - (S_{a'} + S_{c'})$$

$$STE = (S_a + S_{c'}) - (S_c + S_{a'})$$

【0037】また、図1に戻って、ドライブ100は、CPU（central processing unit）を備えるサーボコントローラ141を有している。このサーボコントローラ141には、光ピックアップ117で生成されるフォーカスエラー信号SFE、トラッキングエラー信号STEおよび和信号SRF、さらに上述した周波数発電機114より出力される周波数信号SFGが供給される。

【0038】サーボコントローラ141の動作は、後述するシステムコントローラ151によって制御される。このサーボコントローラ141によって、トラッキングコイルやフォーカスコイル、さらには光ピックアップ117を半径方向（ラジアル方向）に移動させるための送りモータを含むアクチュエータ145が制御され、トラッキングやフォーカスのサーボが行われ、また光ピックアップ117の半径方向への移動が制御される。また、サーボコントローラ141によってスピンドルモータ113の回転が制御され、上述したように記録時や再生時に光磁気ディスク111が3000rpmで回転するように制御される。

【0039】また、ドライブ100は、CPUを備えるシステムコントローラ151と、データバッファ152と、ホストコンピュータとの間でデータやコマンドの送受を行うためのホストインタフェース、例えばSCSI（Small Computer System Interface）153とを有している。システムコントローラ151はシステム全体を制御するためのものである。

【0040】また、ドライブ100は、ホストコンピュ

11

ータからインタフェース153を通じて供給される書き込みデータに対して誤り訂正符号の付加を行うと共に、後述するデータ復調器160の出力データに対して誤り訂正を行うためのECC (error correction code) 回路154と、このECC回路154で誤り訂正符号が付加された書き込みデータのデータビット列をRLL (Run Length Limited) 変調ビットに変換し、その後にNRZIデータに変換して記録データDrを得るデータ変調器155とを有している。

【0041】ここで、RLL変調としては、例えば 10
(1, 7) RLL変調が使用される。この(1, 7) RLL変調は、2ビットのデータを3チャンネルビットに変換することにより、チャンネルビットの1と1との間に入る0の数を1から7までの間に制限したものである。そして、NRZIデータは、チャンネルビットの1を極性反転、0を極性非反転に対応づけたものである。この場合、極性反転の間隔は、2チャンネルビットから8チャンネルビットの間となる。

【0042】また、ドライブ100は、光ピックアップ117より得られる再生信号SM0や和信号SRFに対し 20
て、波形等化処理、2値化処理およびデータ検出処理等をして、ヘッド部分や光磁気記録部の再生データDpを得る読み出し処理回路156と、この再生データDpに対して復調処理等をしてアドレスデータ(トラック番号およびセクタ番号の情報)や読み出しデータを得るデータ復調器160とを有している。データ復調器160で得られるアドレスデータは、システムコントローラ151に供給され、記録位置や再生位置の管理に使用される。

【0043】次に、図1に示す光磁気ディスクドライブ 30
100の動作を説明する。ホストコンピュータよりシステムコントローラ151にデータライトコマンドが供給される場合には、データ書き込み(記録)が行われる。この場合、インタフェース153で受信されてデータバッファ152に格納されているホストコンピュータからの書き込みデータに対して、ECC回路154で誤り訂正符号の付加が行われ、さらにデータ変調器155でRLL変調ビットへの変換やNRZIデータへの変換が行われる。

【0044】データ変調器155よりレーザドライバ 40
118にNRZIデータとしての記録データDrが供給され、光磁気ディスク111のターゲット位置としてのデータフィールドに記録データDrが記録される。この場合、光磁気ディスク111の記録膜がキュリー温度に達するような高いパワーのレーザビームが光ピックアップ117から光磁気ディスク111に照射される。

【0045】また、ホストコンピュータよりシステムコントローラ151にデータリードコマンドが供給される場合には、光磁気ディスク111のターゲット位置よりデータ読み出し(再生)が行われる。この場合、光ピッ 50

12

クアップ117により、光磁気ディスク111のターゲット位置としてのデータフィールドより再生信号SM0が得られる。この再生信号SM0に対して読み出し処理回路156で波形等化処理、二値化処理、データ検出処理等が行われて再生データDpが得られる。

【0046】この再生データDpに対して、データ復調器160で復調処理が行われ、さらにECC回路154で誤り訂正が行われて読み出しデータが得られる。この読み出しデータはデータバッファ152に一旦格納され、その後に所定タイミングでインタフェース153を介してホストコンピュータに送信される。

【0047】次に、図8を参照して、サーボコントローラ141内のフォーカスサーボ系300の構成について説明する。

【0048】このフォーカスサーボ系300は、この系の動作を制御するコントローラとしてのCPU (Central Processing Unit) 301と、フォーカスエラー信号SFEにヘッド部分の信号が漏れ込むのを防止するサンプルホールド回路302と、このサンプルホールド回路302の出力信号より低域成分(例えばカットオフ周波数が3kHz)を抽出するローパスフィルタ303と、2軸アクチュエータの高次共振を抑制するために、ローパスフィルタ303の出力信号より20kHz付近のゲインを落とすノッチフィルタ304と、このノッチフィルタ304の出力信号に対して低域での位相遅れ補償をする位相補償回路305とを備えている。

【0049】また、フォーカスサーボ系300は、位相補償回路305より出力されるフォーカスエラー信号SFE、または、CPU301よりD/Aコンバータ306を介して出力される、フォーカス引き込み動作時に対物レンズを強制的に移動させていくためのサーチ信号SSTと、CPU301よりD/Aコンバータ307を介して出力されるフォーカスオフセット信号(オフセットバイアス)SF0Fとを加算するための加算器308と、この加算器308の出力信号によってアクチュエータ145(図1参照)を構成するフォーカスコイル310を駆動するドライブ回路309とを有している。ここで、位相補償回路305と加算器308との間には接続スイッチ311が挿入されると共に、D/Aコンバータ306と加算器308との間には接続スイッチ312が挿入されている。

【0050】また、フォーカスサーボ系300は、ローパスフィルタ303で帯域が制限されたフォーカスエラー信号SFEを閾値Vth1と閾値-Vth1との間にあるか否かを検出するコンパレータ313と、和信号SRFが閾値Vth2より大きいかな否かを検出するコンパレータ314とを有している。これらコンパレータ313、314の検出信号はCPU301に供給され、後述するフォーカス引き込み時の動作において使用される。

【0051】図8に示すフォーカスサーボ系300にお

13

いて、フォーカス引き込み時の動作は、以下のように行われる。まず、接続スイッチ311をオフとしてフォーカスサーボループをオープンとする。次に、接続スイッチ312をオンとし、サーチ信号SSRTを徐々に変化させていき、対物レンズを光磁気ディスク111に対して離れた位置から近づく方向に移動させていく。

【0052】CPU301は、コンパレータ313、314の検出信号に基づいて、和信号SRFが閾値Vth2よりも大きく、かつフォーカスエラー信号SFEの振幅がVth1より小さくなって、引き込み領域に入ったと判断するとき(図9参照)、接続スイッチ311をオンとしてサーボループを閉じると共に、接続スイッチ312をオフとする。これにより、フォーカスサーボが動作し、フォーカスの引き込み動作が完了する。

【0053】上述したように、光磁気ディスク111は、ゾーン0～ゾーン15までの16ゾーンの記録領域を備えている。上述したフォーカスサーボ系300において、CPU301よりD/Aコンバータ307を介して出力されるフォーカスオフセット信号SF0Fは、光ピックアップ117が位置するゾーンに対応した値とされる。各ゾーンにおけるフォーカスオフセットは、フォーカスオフセットキャリブレーション時に設定され、メモリ315に格納されている。なお、書き込み時とリード時で必要とするフォーカスオフセットは異なるが、書き込み時のフォーカスオフセットは読み出し時のフォーカスオフセットを一定値だけシフトしたものとなるため、フォーカスオフセットキャリブレーション時には、読み出し時に必要とするフォーカスオフセットのみ求められる。

【0054】図10のフローチャートを参照して、CPU301における、フォーカスオフセットキャリブレーションの動作を説明する。まず、ステップST1で、外周テスト領域(第1のテスト領域TAR1)を使用する第1のモードとする。そして、ステップST2で、フォーカスオフセットをセットする。この例では、フォーカスオフセットを基準値FR(工場出荷時に不揮発性メモリ(図8には図示せず)に記憶されている)を中心に例えば $-1\mu\text{m}$ ～ $1\mu\text{m}$ の間で順次変更していくものとし、最初は $FR-1\mu\text{m}$ にセットされる。この場合、図8に示すフォーカスサーボ系300において、CPU301よりD/Aコンバータ307を介して出力されるフォーカスオフセット信号SF0Fは、セットされるフォーカスオフセットだけ対物レンズを移動させるのに必要なレベルの信号となる。

【0055】次に、ステップST3で、フォーカスオフセットが $FR-1\mu\text{m}$ にセットされ、かつフォーカスサーボが動作している状態で、光ディスク200の第1のテスト領域TAR1の1周内に存在する3セクタSE1～SE3(図11A参照)で再生された再生信号より得られるデータのエラーレートの平均を求める。この場

14

合、エラーレートの情報は、システムコントローラ151より供給される。同様に、ステップST4で、光ディスク200の第1のテスト領域TAR1の1周内に存在する4セクタSE1～SE4(図11B参照)で再生された再生信号より得られるデータのエラーレートの平均を求める。

【0056】次に、ステップST5で、全てのフォーカスオフセット($FR-1\mu\text{m}$ 、 $FR-0.8\mu\text{m}$ 、 $FR-0.6\mu\text{m}$ 、 $FR-0.4\mu\text{m}$ 、 $FR-0.2\mu\text{m}$ 、 $FR\mu\text{m}$ 、 $FR+0.2\mu\text{m}$ 、 $FR+0.4\mu\text{m}$ 、 $FR+0.6\mu\text{m}$ 、 $FR+0.8\mu\text{m}$ 、 $FR+1\mu\text{m}$)についてエラーレートの平均を求めたか否かを判定する。全てのフォーカスオフセットについてエラーレートの平均を求めていないときは、ステップST2に戻って、次のフォーカスオフセットをセットして上述した動作を繰り返し実行する。

【0057】ステップST5で、全てのフォーカスオフセットについてエラーレートの平均を求めているときは、ステップST6に進む。このステップST6では、1周3セクタに係るフォーカスオフセットとエラーレートとの関係を示す二次近似曲線を求め、エラーレートが最小となるようなフォーカスオフセットを求める(図13参照)。同様に、ステップST7で、1周4セクタに係るフォーカスオフセットとエラーレートとの関係を示す二次近似曲線を求め、エラーレートが最小となるようなフォーカスオフセットを求める。

【0058】次に、ステップST8で、1周3セクタで求めたフォーカスオフセットと、1周4セクタで求めたフォーカスオフセットとを加算平均して、最終フォーカスオフセットとする。なお、単なる加算平均ではなく、重み付けをして平均することも考えられる。

【0059】次に、ステップST9で、第2のモードであるか否かを判定する。第1のモードであるときは、ステップST10に進み、内周テスト領域(第2のテスト領域TAR2)を使用する第2のモードとし、ステップST2に戻り、上述した第1のモードと同様の動作を繰り返し実行し、ステップST8で、第2のモードに係る最終フォーカスオフセットを得るようにする。

【0060】ステップST9で、第2のモードであるときは、第1および第2のモードにおける最終フォーカスオフセットを求める処理が終了しているので、ステップST11に進む。このステップST11では、第1および第2のモードで求めた最終フォーカスオフセットを用いて、光磁気ディスク111のゾーン0～ゾーン15までの記録領域におけるフォーカスオフセットを、例えば直線補間等の処理によって求める。

【0061】そして、このように求めた各ゾーンのフォーカスオフセットを、ステップST12で、読み出し時のフォーカスオフセットとしてメモリ315に記憶し、フォーカスオフセットキャリブレーションの動作を終了

する。

【0062】なお、上述したフォーカスオフセットキャリブレーションの動作は、例えば、一定時間毎に周期的に行われ、あるいは所定の温度変化がある毎に行われ、さらには読み出しや書き込みの動作が行われる直前に行われる。

【0063】以上説明したように、本実施の形態においては、光磁気ディスク111の1周内の3セクタで実行されたキャリブレーション結果（150Hzの外乱によるフォーカス追従誤差によって大きなばらつきが生じ 10
る）と、光ディスクの1周内の4セクタで実行されたキャリブレーション結果（200Hzの外乱によるフォーカス追従誤差によって大きなばらつきが生じる）とを加算平均等して最終的なフォーカスオフセットの設定値を得るようにしたので、双方のキャリブレーション結果が互いに補完し合う関係となり、設定されるフォーカスオフセットのばらつきを軽減できる。

【0064】なお、上述実施の形態においては、再生信号の品質を、再生信号より得られるデータのエラーレートより判断するものを示したが、再生信号のジッタやア 20
シンメトリ等によって、あるいはそれらを組み合わせて判断するようにしてもよい。

【0065】また、上述実施の形態においては、1周内の3セクタおよび4セクタでキャリブレーションを実行するものを示したが、一般的に1周内の奇数セクタおよび偶数セクタでキャリブレーションを実行することで、同様の作用効果を得ることができる。

【0066】また、上述実施の形態においては、光ディスクが光磁気ディスク111であるものを示したが、この発明は、その他の光ディスクを取り扱う光ディスクド 30
ライブにも同様に適用することができる。

【0067】また、上述実施の形態においては、フォーカスサーボ方式として、いわゆるビームサイズ検出方式を採用したものを示したが、この発明はその他の方式によるフォーカスサーボが行われるものにも同様に適用できる。

【0068】

【発明の効果】この発明によれば、光ディスクの1周内の奇数セクタで実行されたキャリブレーション結果と、光ディスクの1周内の偶数セクタで実行されたキャリブ 40
レーション結果とに基づいてフォーカスオフセットの設定値を得るものであり、フォーカスオフセットの設定値のばらつきを軽減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施の形態としての光磁気ディスクドライブの構成を示すブロック図である。

【図2】光磁気ディスクのレイアウトを示す図である。

【図3】光磁気ディスクの各ゾーンの詳細情報を示す図である。

【図4】光磁気ディスクのゾーン0、ゾーン15のID長、ID間隔を比較して示す図である。

【図5】光ピックアップの光学系の構成を示す図である。

【図6】フォーカスエラーの検出原理を説明するための図である。

【図7】トラッキングエラーの検出原理を説明するための図である。

【図8】フォーカスサーボ系の構成を示すブロック図である。

【図9】フォーカス引き込みを説明するための図である。

【図10】フォーカスオフセットキャリブレーションの動作を示すフローチャートである。

【図11】キャリブレーションの実行位置を説明するための図である。

【図12】従来のキャリブレーションの実行位置を説明するための図である。

【図13】フォーカスオフセットとエラーレートとの関係を示す図である。

【図14】フォーカス追従誤差（外乱150Hz時）がある場合における3セクタによるキャリブレーションを説明するための図である。

【図15】フォーカス追従誤差（外乱200Hz時）がある場合における3セクタによるキャリブレーションを説明するための図である。

【図16】フォーカス追従誤差（外乱200Hz時）がある場合における4セクタによるキャリブレーションを説明するための図である。

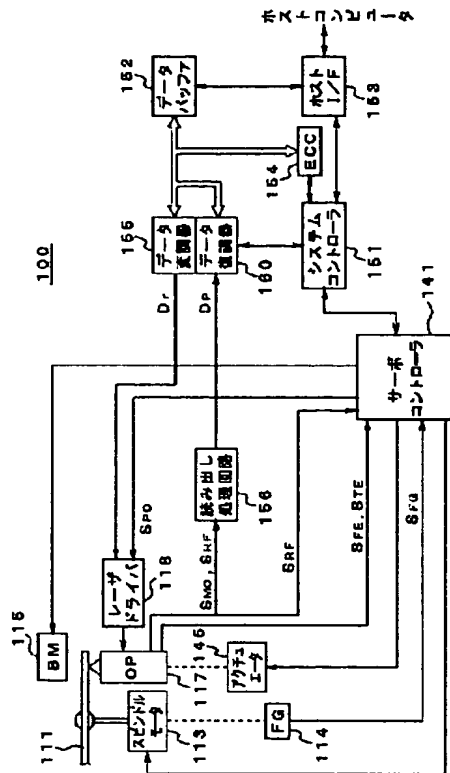
【図17】フォーカス追従誤差（外乱150Hz時）がある場合における4セクタによるキャリブレーションを説明するための図である。

【符号の説明】

100・・・光磁気ディスクドライブ、111・・・光磁気ディスク、115・・・バイアスマグネット、117・・・光ピックアップ、118・・・レーザドライバ、141・・・サーボコントローラ、145・・・アクチュエータ、151・・・システムコントローラ、152・・・データバッファ、153・・・ホストインタフェース、154・・・ECC回路、155・・・データ変調器、156・・・読み出し処理回路、160・・・データ復調器、300・・・フォーカスサーボ系、310・・・フォーカスコイル

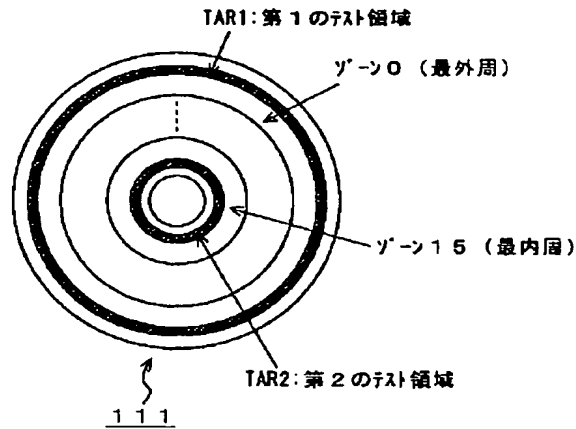
【図1】

光磁気ディスクドライブ



【図2】

光磁気ディスクのレイアウト



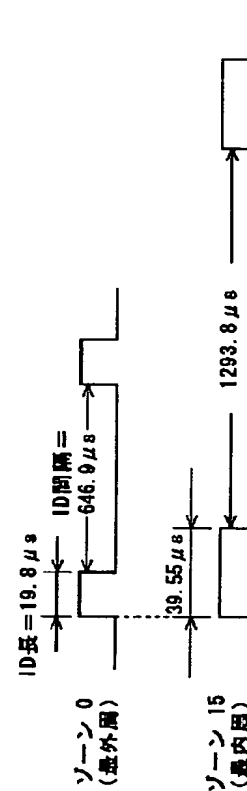
【図4】

ゾーン0、15のID長、ID間隔の比較

【図3】

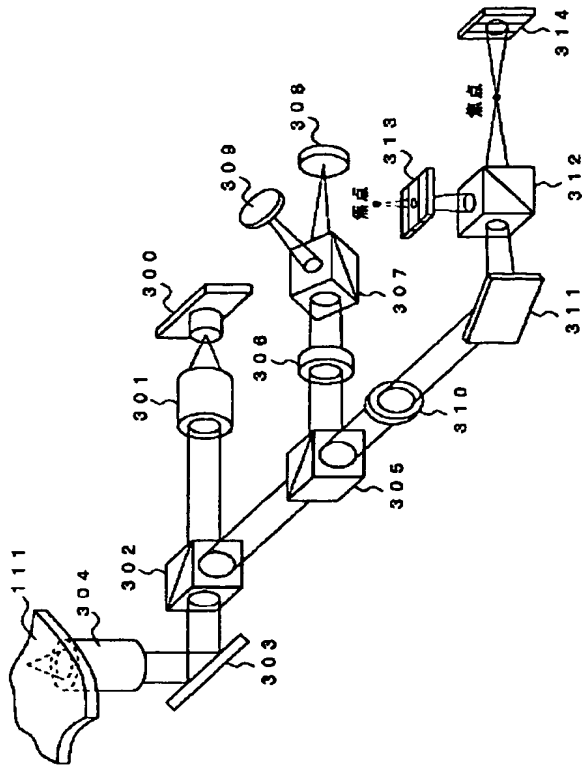
各ゾーンの詳細情報

ゾーン	物理トラック数	内径 (mm)	トラック数	ID長 (μs)	ID間隔 (μs)
0	3108	60.08 (start: 62.1)	30	19.77622	646.8905
1	3108	58.05	29	20.45815	669.197
2	3108	56.03	28	21.1888	693.0969
3	3108	54.00	27	21.97357	718.7672
4	3108	51.98	26	22.81871	746.4121
5	3108	49.95	25	23.73146	776.2685
6	3108	47.93	24	24.72027	808.6131
7	3108	45.90	23	25.78506	843.7702
8	3108	43.88	22	26.96757	882.1233
9	3108	41.85	21	28.25174	924.1292
10	3108	39.83	20	29.66432	970.3357
11	3108	37.80	19	31.2256	1021.408
12	3108	35.78	18	32.96036	1078.151
13	3108	33.76	17	34.89921	1141.571
14	3108	31.73	16	37.08041	1212.92
15	3108	29.70	15	39.55243	1293.781



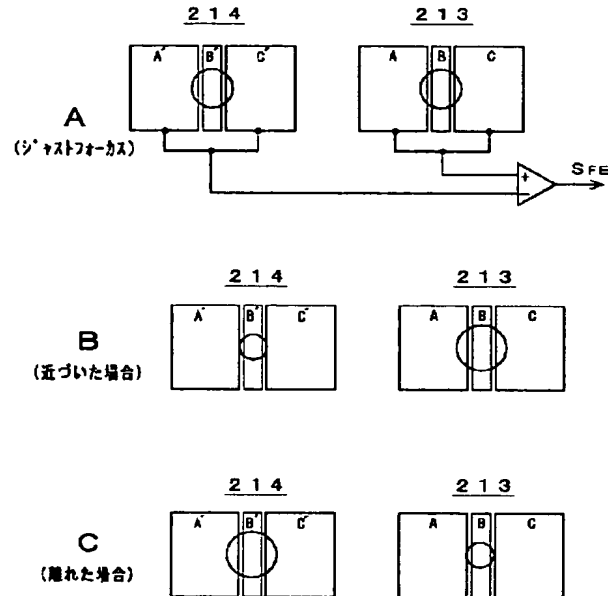
【図5】

光ピックアップの光学系



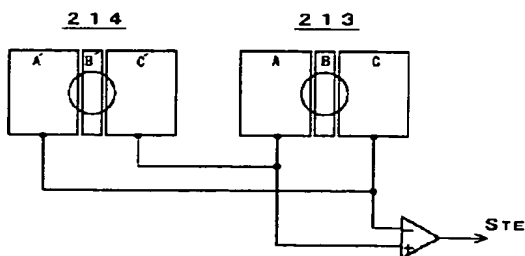
【図6】

フォーカスエラー検出原理



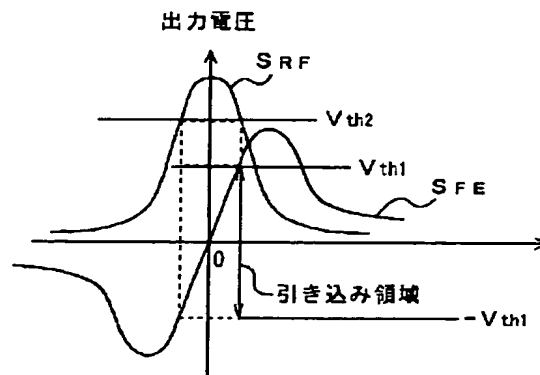
【図7】

トラッキングエラー検出原理

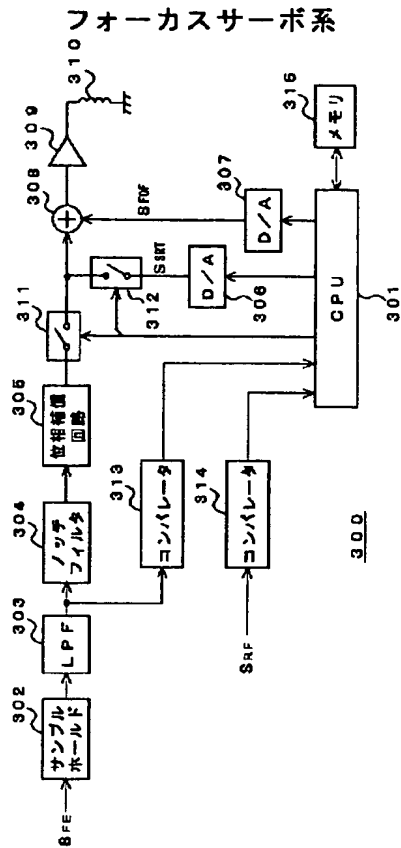


【図9】

フォーカス引き込み

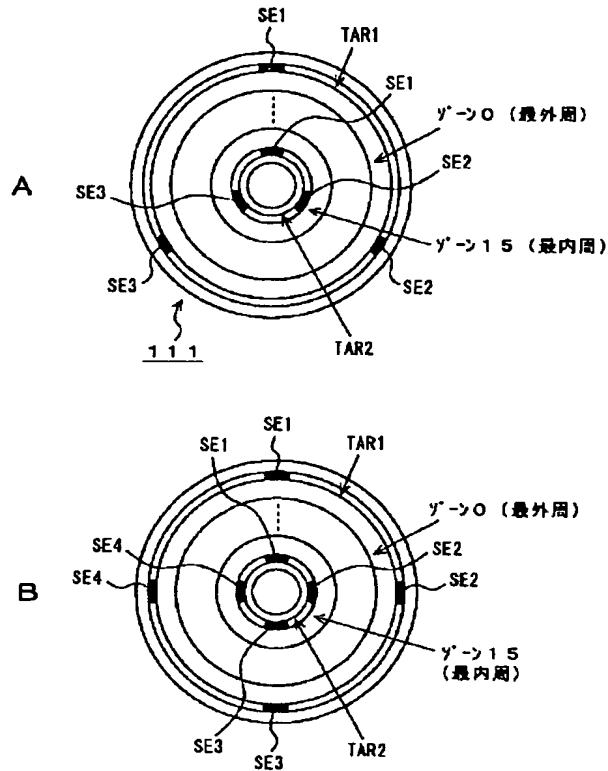


【図8】



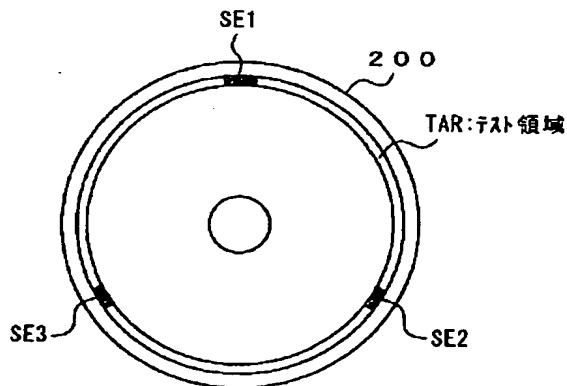
【図11】

キャリブレーションの実行位置



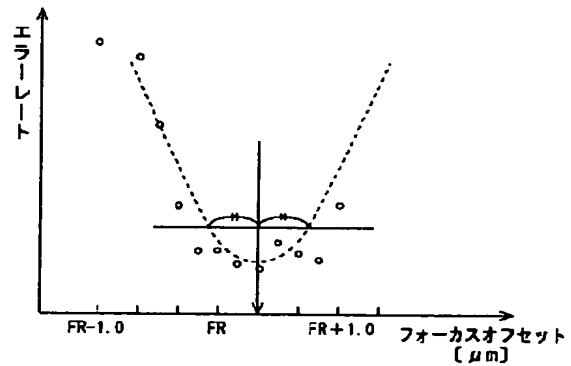
【図12】

キャリブレーションの実行位置



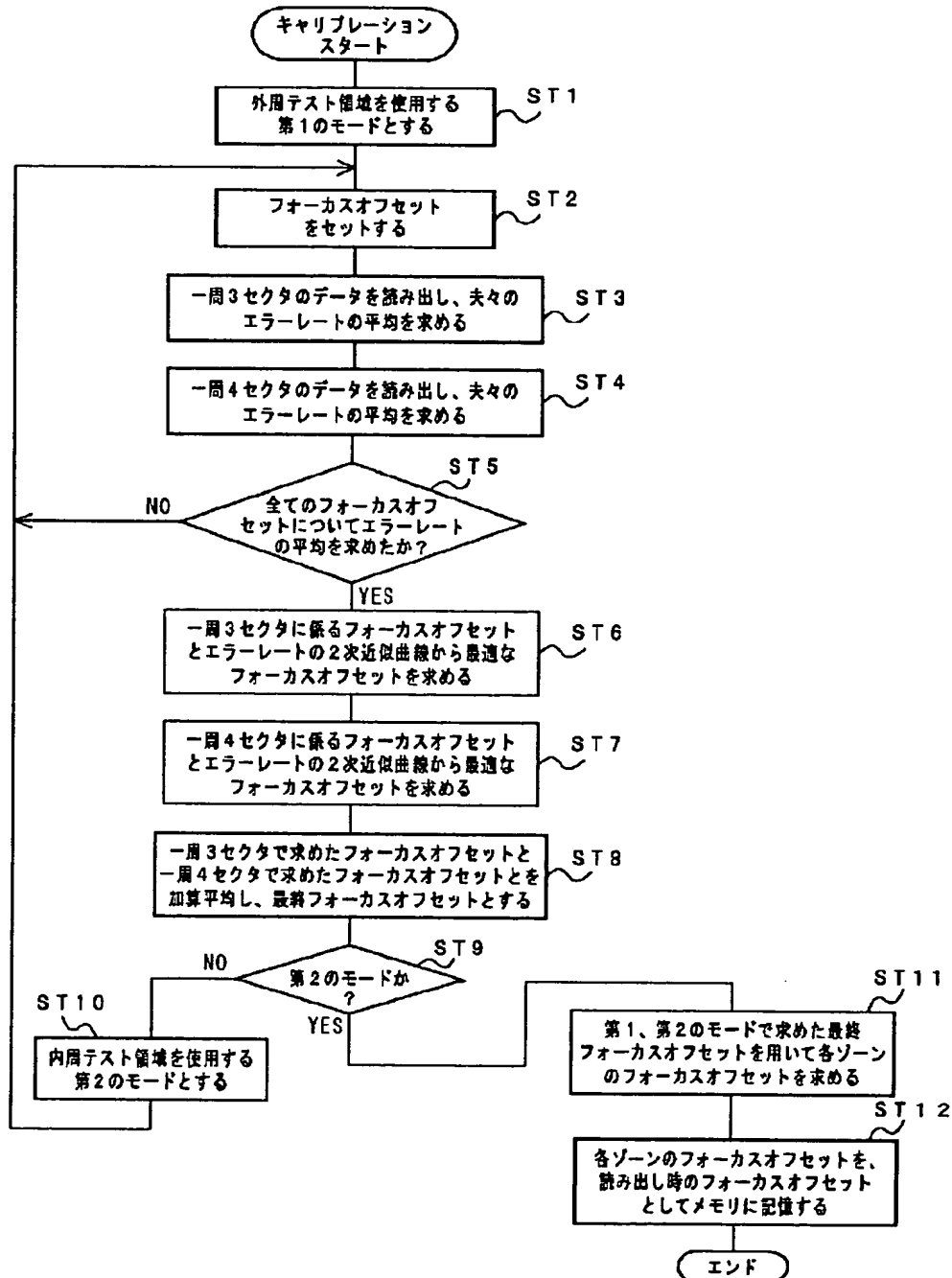
【図13】

フォーカスオフセットとエラーレートとの関係



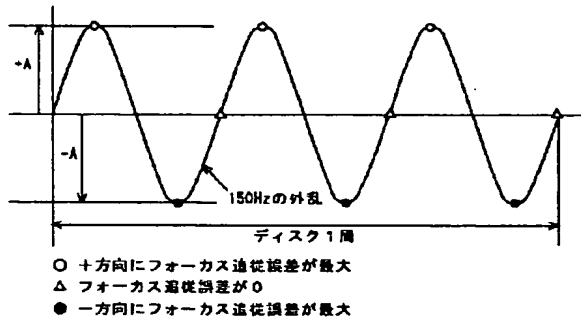
【図10】

フォーカスオフセットキャリブレーションの動作



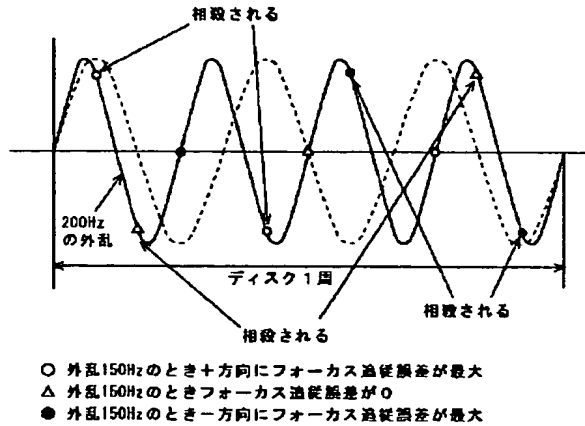
【図14】

フォーカス追従誤差（外乱150Hz時）



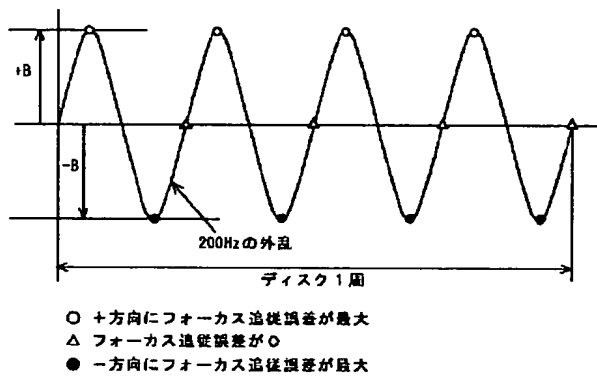
【図15】

フォーカス追従誤差（外乱200Hz時）



【図16】

フォーカス追従誤差（外乱200Hz時）



【図17】

フォーカス追従誤差（外乱150Hz時）

